

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2001281483  
PUBLICATION DATE : 10-10-01

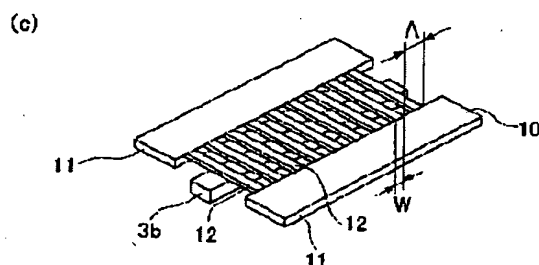
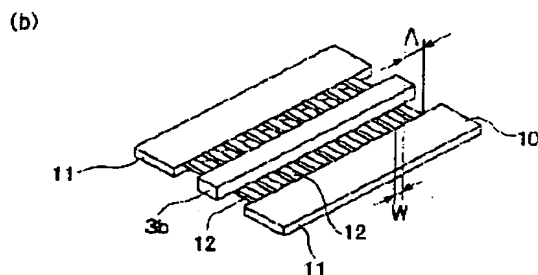
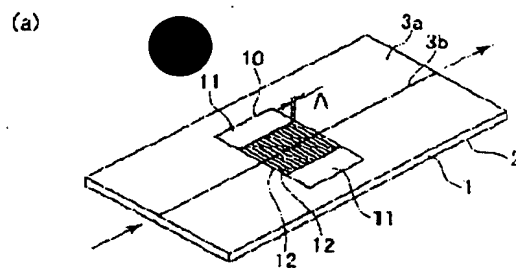
APPLICATION DATE : 03-04-00  
APPLICATION NUMBER : 2000100982

APPLICANT : FUJIKURA LTD;

INVENTOR : FUJITA DAIGO;

INT.CL. : G02B 6/122 G02B 6/12 G02F 1/01

TITLE : WAVEGUIDE TYPE VARIABLE  
GRATING



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an element capable of obtaining reflection or attenuation light of a desired wavelength with simple constitution.

SOLUTION: In this waveguide type variable grating, a core 3b which waveguides light and a clad layer 3a which is provided on the outer periphery of the core 3b are provided, and a comb-type heater 10 which heats the core 3b in the longitudinal direction at a prescribed period is provided.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

BEST AVAILABLE COPY

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-281483

(P2001-281483A)

(43) 公開日 平成13年10月10日 (2001. 10. 10)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード (参考)
G 0 2 B 6/122		G 0 2 F 1/01	C 2 H 0 4 7
6/12		G 0 2 B 6/12	A 2 H 0 7 9
G 0 2 F 1/01			H

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-100982(P2000-100982)

(22) 出願日 平成12年4月3日 (2000. 4. 3)

(71) 出願人 000005186

株式会社フジクラ

東京都江東区木場1丁目5番1号

(72) 発明者 関口 利貞

千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジクラ佐倉事業所内

(72) 発明者 佐久間 健

千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジクラ佐倉事業所内

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外3名)

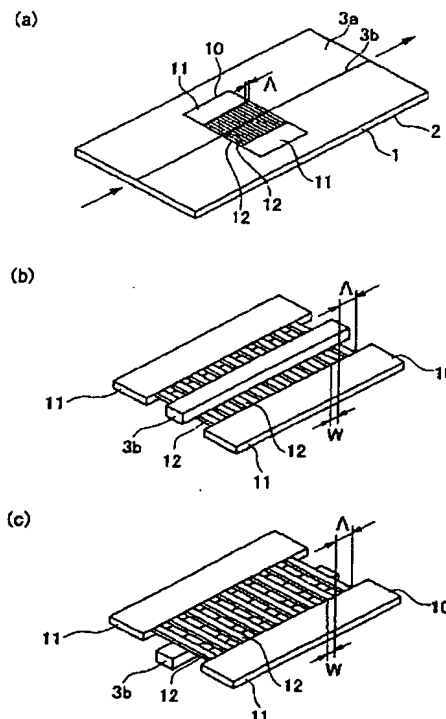
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 導波路型可変グレーティング

(57) 【要約】

【課題】 簡単な構成で、所望の波長の反射あるいは減衰光が得られる素子を提供する。

【解決手段】 光を導波するコア3bと、該コア3bの外周上に設けられたクラッド層3aとを有し、該コア3bを、その長さ方向において、所定の周期で加熱する櫛型ヒータ10が設けられていることを特徴とする導波路型可変グレーティングを構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光を導波するコアと、該コアの外周上に設けられたクラッド層とを有し、該コアを、その長さ方向において、所定の周期で加熱する櫛型ヒータが設けられていることを特徴とする導波路型可変グレーティング。

【請求項2】 請求項1に記載の導波路型可変グレーティングにおいて、櫛型ヒータが設けられている範囲のコア全体を加熱する補助ヒータが設けられていることを特徴とする導波路型可変グレーティング。

【請求項3】 請求項2に記載の導波路型可変グレーティングにおいて、コアの長さ方向において、補助ヒータによる該コアの加熱温度が変化していることを特徴とする導波路型可変グレーティング。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は導波路型可変グレーティングに関し、特に装置構成を簡単にしたものである。

【0002】

【従来の技術】光通信などにおいては特定の波長の光が反射する素子や減衰する素子が種々の用途で用いられている。例えば利得等価器は、光増幅器などの利得の波長依存性を改善するため、利得の大きい波長の光を減衰させることにより、利得の平坦化を図るものである。一方、半導体レーザの外部共振器においては、かかる素子にレーザ光を入射し、特定波長の光を反射させることにより、半導体レーザの発振波長を決定する。

【0003】このような利得等価器としては、例えば光ファイバグレーティングなどが用いられる。光ファイバグレーティングは、光を導波する高屈折率のコアの外周上に、低屈折率のクラッド層が形成された光ファイバにおいて、このコアの長さ方向にそって、周期的な屈折率の変化が形成されたものである。光ファイバグレーティングはこの屈折率の変化の周期によって短周期型と長周期型に分類される。短周期型は特定波長の光を反射する素子である。一方、長周期型は導波路（コア）を伝搬する光のうち特定の波長のものが、クラッドを伝搬するいわゆるクラッドモードと結合し、導波路外を伝搬することにより、減衰するものである。短周期型は主に波長選択性を備えた反射素子として、波長多重伝送などにおいて波長合分波素子として用いられている。長周期型は主に波長選択的な減衰素子として、上述のような利得等価器に用いられている。なお、短周期型、長周期型のいずれの場合においても、光ファイバグレーティングの透過光の波長スペクトルでは反射もしくは減衰した光が損失ピークとして現れる。すなわち、透過光のうち特定波長の光が損失する作用は共通である。

【0004】前記屈折率の変化は、例えばゲルマニウムを添加した石英ガラスに特定波長の紫外光を照射する

と、その屈折率が上昇する作用を利用して形成する。すなわち、コアをゲルマニウム添加石英ガラスから形成し、その長さ方向において、周期的に紫外光を照射すると、この照射部分の屈折率が上昇し、屈折率の高い部分と低い部分とが交互に配置されたグレーティング部が形成される。グレーティング部においては、コアに入射した光のうち、特定波長の光が反射あるいは減衰する特性が得られる。

【0005】反射あるいは減衰する光の波長は、光ファイバグレーティングに張力を加えて屈折率変化の周期を変化させたり、屈折率を変化させたりすることによって変更することができる。グレーティング部が両端部に向かって引っ張られると（張力が大きくなると）、屈折率変化の周期が大きくなり、逆に張力が小さくなると屈折率変化の周期が小さくなる。また、屈折率は温度を変化させると変化するため、光ファイバグレーティングを加熱あるいは冷却することによっても反射あるいは減衰する光の波長を変化させることができる。

【0006】一方、半導体レーザの外部共振器としては、例えば上述の光ファイバグレーティングの他、回折格子、光学フィルタなどが用いられる。これらの素子の反射光の波長は、素子自体を機械的に回転させ、入射するレーザ光の角度を変化させることによって選択することができる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、通常、光ファイバグレーティングは、グレーティング部を保護するため、グレーティング部を2層構造の補強部材内に収め、この補強部材からグレーティング部の両端の光ファイバが引き出された状態で用いられる。通常補強部材の第1層は石英ガラスから形成され、第2層はセラミックス、金属などから形成されている。したがって、グレーティング部にかかる張力を変化させる場合は補強部材全体に外力を加えなければならない。また、温度を変化させて屈折率を変化させる場合は、補強部材全体を加熱しなければならない。よって、本来必要とされるグレーティング部以外の部分に対しても外力を印加したり、温度変化を生じさせなければならないため、装置が大がかりとなるという問題があった。また、回折格子や光学フィルタなどにおいても、これらを回転させる装置が大がかりとなるという問題があった。

【0008】本発明は前記事情に鑑みてなされたもので、できるだけ簡単な構成で、所望の波長の光を反射もしくは減衰させることができる素子を提供することを課題とする。具体的には、グレーティング部以外の部分に外力や温度変化などの作用を生じさせずに、光学特性を変更することができる導波路型可変グレーティングを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するため

に、本発明の導波路型可変グレーティングは、光を導波するコアと、該コアの外周上に設けられたクラッド層とを有し、該コアを、その長さ方向において、所定の周期で加熱する櫛型ヒータが設けられていることを特徴とする。また、櫛型ヒータが設けられている範囲のコア全体を加熱する補助ヒータを設けることもできる。さらに、例えばコアの長さ方向において、コアの幅方向と平行方向の長さ（幅）が変化している補助ヒータを用いることにより、前記長さ方向においてコアの加熱温度を変化させて温度分布を形成し、チャープトグレーティングとすることができる。

#### 【0010】

【発明の実施の形態】図1は本発明の導波路型可変グレーティングの一例を示したものであって、図1(a)は斜視図、図1(b)はコアと櫛型ヒータとの関係を示した説明図である。この導波路型可変グレーティング1においては、長方形板状の基板2の上にクラッド層3aが形成され、その内部に断面長方形の柱状のコア3bが設けられている。光はコア3bを導波するため、コア3bの屈折率はその外周上のクラッド層3aよりも高くなっている。一方、基板2とクラッド層3aとの間には櫛型ヒータ10が設けられている。この櫛型ヒータ10は、コア3bを挟んで対向配置された長形状の薄膜からなる電力パッド部11、11と、これら電力パッド部11、11の間に掛け渡されるように設けられた複数の直線状のヒータ部12、12…から構成されている。これらのヒータ部12…はコア3bの長さ方向と直交方向に対して平行に、かつ所定の周期で配列されている。

【0011】基板2としては例えば表面を酸化処理したシリコン基板などが用いられる。クラッド層3aは例えばシリカ（シリコン酸化物）から形成されている。コア3bはゲルマニウムを添加したシリカから形成された石英系導波路であり、クラッド層3aと比較して屈折率がわずかに低くなっている。この屈折率の差は通常は0.3%程度である。櫛型ヒータ10は金属製の薄膜からなり、例えばチタン、金、アルミニウムなどが用いられる。

【0012】この導波路型可変グレーティング1は、例えば以下のようにして製造することができる。基板2の上に、蒸着法などによってチタン、金、アルミニウムなどからなる導電体薄膜を形成する。そしてこの導電体薄膜を加工してパターンを形成し、櫛型ヒータ10を完成させる。この加工方法は、ヒータ部12…の周期が比較的長周期、すなわち光が減衰する長周期型の場合はフォトリソグラフィなどが用いられる。比較的短周期、すなわち光が反射する短周期型の場合は位相マスク法、干渉露光法などによって形成することができる。

【0013】そして、櫛型ヒータ10と、その周囲に露出した基板2の上に、スピンコート法などにより、コア3bの下のクラッド層3aの厚さに相当する下部クラ

ッド層を形成し、その上面全体にコア3bの厚さに相当するコア層を形成する。そして、このコア層をコア3bのパターンに沿ってイオンエッチング法などによって加工し、コア3bを形成するとともに、コア3bの周囲に下部クラッド層を露出させる。そして、さらにスピンコート法などにより、これら下部クラッド層とコア3bの上に上部クラッド層を形成し、下部クラッド層と上部クラッド層とが一体化したクラッド層3aを完成させる。

【0014】この導波路型可変グレーティング1においては、櫛型ヒータ10を作動させると、図2(a)に示した側断面図、図2(b)に示した屈折率の変化のグラフからわかるように、ヒータ部12、12…の温度が上昇し、その下に位置するコア3bの屈折率が熱光学効果によってヒータ部12、12…の周期に対応して周期的に変化し、グレーティング特性が得られる。そして、櫛型ヒータ10の加熱温度によってコア3bの屈折率変化量を変化させることができるため、このグレーティングにおいて反射する光（短周期型）あるいは減衰する光（長周期型）の波長を変更することができる。このコア3bにおける屈折率の変化の周期 $\Lambda$ をグレーティングピッチという。なお、短周期型の場合は通常グレーティングピッチが0.5 $\mu\text{m}$ 以下であり、光の波長オーダーである。この場合はブラッグ回折によって特定の波長（ブラッグ波長）の光のみを反射する。ブラッグ波長 $\lambda_B$ の光は、伝搬モードの実効屈折率 $n_{\text{eff}}$ とグレーティングピッチ $\Lambda$ により、以下の式(1)で表される。

#### 【0015】

【数1】

$$\lambda_B = 2 \cdot n_{\text{eff}} \cdot \Lambda \quad \cdots (1)$$

【0016】また、このときの反射率（透過光と反射光の強度比） $R_B$ はグレーティング長 $L$ 、すなわち櫛型ヒータ10のコア3bの長さ方向にそう長さ $L$ とコア3bにおける屈折率の変化量 $\Delta n$ によって以下の式(2)のように表される。

#### 【0017】

【数2】

$$R_B = \tanh^2(\pi L \cdot \Delta n \cdot n / \lambda_B) \quad \cdots (2)$$

【0018】一方、長周期の場合は通常グレーティングピッチが数百 $\mu\text{m}$ と長い。そして、コア3bを伝搬する光のうち、クラッド層3aを伝搬するクラッドモードとの結合条件を満たす波長帯の光のみを減衰させる波長フィルタとしての作用を奏する。クラッドモードとの結合効率が最大になる条件を満たす波長を $\lambda_p$ とすると、コア3bの伝搬光の実効屈折率 $n_{\text{core}}$ とクラッドモードの実効屈折率 $n_{\text{clad}}$ から、グレーティングピッチ $\Lambda$ について、以下の式(3)が成り立つ。

#### 【0019】

【数3】

$$\lambda_D = \Lambda(n_{\text{core}} - n_{\text{clad}}) \quad \dots(3)$$

【0020】なお、 $n_{\text{core}}$ と $n_{\text{clad}}$ は、それぞれ以下の式(4)、式(5)で表される。

【0021】

【数4】

$$n_{\text{core}} = \beta_{\text{core}} / (2\pi / \lambda_D) \quad \dots(4)$$

$$T_D = 1 - [\sin^2[k_G L \{1 + (\delta/k_G)^2\}^{1/2}]] / [1 + (\delta/k_G)^2] \quad \dots(6)$$

ここで、 $k_G$ は結合定数であり、コア3bの屈折率変調の振幅に比例した量である。式(6)中の $\delta$ は以下の式(7)で表される。

【数7】

$$\delta = (1/2)(\beta_{\text{core}} - \beta_{\text{clad}} - 2\pi\Lambda) \quad \dots(7)$$

【0024】したがって、短周期型の場合は式(1)および式(2)の関係から、所望のブラッグ波長と反射率が得られるようにグレーティングピッチとグレーティング長を決定すると好ましい。また、長周期型の場合は式(3)および式(6)の関係から、所望の減衰光の波長と透過率が得られるようにグレーティングピッチとグレーティング長を決定すると好ましい。また、ヒータ部12の幅 $w$ はグレーティングピッチ $\Lambda$ の半分以下とすると好ましい。また、櫛型ヒータ10の幅(コア3bの長さ方向に直交する方向の長さ)は、櫛型ヒータ10のヒータ部12…の熱伝導を考慮して、コア3bの幅の2倍以上とすると好ましい。

【0025】また、図1(c)に示したように、櫛型ヒータ10をクラッド層3aの上に形成し、コア3bよりも上に配置することもできる。この場合は、上述の方法と同様にして、基板2の上にクラッド層3aとコア3bを形成した後、クラッド層3aの上に櫛型ヒータ10を形成して製造することができる。そして、図3(a)、図3(b)に示したように、櫛型ヒータ10を作動させると、ヒータ部12、12…の温度が上昇し、その上に位置するコア3bの屈折率が、熱光学効果によってヒータ部12、12…の周期に対応して周期的に変化し、グレーティング特性が得られる。そして、櫛型ヒータ10の加熱温度によってコア3bの屈折率変化量を変化させて、このグレーティングにおいて反射する光あるいは減衰する光の波長を変更することができる。

【0026】図4は、図1(a)、図1(b)あるいは図1(c)に示した導波路型可変グレーティングの透過光の波長スペクトル(波長と透過率との関係)を示したもので、加熱温度を高くするにしたがって損失ピークが大きくなっていく様子を示している。このように加熱温度によって透過率が変化し、これと同時に反射する光あるいは減衰する光の波長帯幅(ピークの波長幅)も変化している。

【0027】例えば、図1(a)、図1(b)に示した

【数5】

$$n_{\text{clad}} = \beta_{\text{clad}} / (2\pi / \lambda_D) \quad \dots(5)$$

【0022】また、 $\lambda_D$ における透過率(入射光強度に対する出射する光の強度比) $T_D$ は以下の式(6)で表される。

【0023】

【数6】

導波路型可変グレーティングにおいて、厚さ1mmの基板2の上に、厚さ20 $\mu$ mのクラッド層3aを形成し、その内部の中央付近に断面のサイズが7 $\mu$ m×7 $\mu$ mのコア3bを設け、グレーティングピッチ $\Lambda$ 600 $\mu$ m、ヒータ部12の幅 $w$ 20 $\mu$ m、櫛型ヒータ10の長さ(グレーティング長)20mmのものを製造したところ、反射光による損失ピークの大きさを0dBから2dBの範囲で変化させることができた。

【0028】図5は発明の第2の例の導波路型可変グレーティングを示した斜視図である。この導波路型可変グレーティングにおいては、クラッド層3aの上に櫛型ヒータ10が設けられ、図6(a)、図6(b)に示したように、基板2とクラッド層3aとの間に薄膜状の補助ヒータ15が設けられている。補助ヒータ15は、櫛型ヒータ10と同様の材料からなり、櫛型ヒータ10と同様に形成することができる。

【0029】この補助ヒータ15は、コア3bの下に平行に設けられた直線状のヒータ部16と、その両端部に設けられた長方形の電極パッド部17、17とから構成されている。ヒータ部16のコア3bの長さ方向と平行な長さは、櫛型ヒータ10よりも長いサイズに設計されている。そのため、この補助ヒータ15により、櫛型ヒータ10が設けられている範囲のコア3bの温度を一律に上昇させることができる。したがって、補助ヒータ15の幅は、コア3bの幅と同程度以上であれば特に制限はない。

【0030】この例においては、図7(a)、図7(b)に示したように、櫛型ヒータ10と補助ヒータ15の配置位置を逆にして、コア3bの下方の基板2とクラッド層3aとの間に櫛型ヒータ10を配置し、コア3bの上方のクラッド層3aと基板2との間に補助ヒータ15を配置することもできる。また、図8(a)、図8(b)に示したように、基板2とクラッド層3aの間に補助ヒータ15を配置し、コア3bの下方のクラッド層3a内に、櫛型ヒータ10を配置することもできる。さらに図9(a)、図9(b)に示したように、クラッド層3aの上に補助ヒータ15を配置し、コア3bの上方のクラッド層3a内に、櫛型ヒータ10を配置することもできる。

【0031】そして、補助ヒータ15を作動させた状態

で、櫛型ヒータ10による加熱温度を変化させると、図10に示したように透過率と反射あるいは減衰する光の波長幅を一定に維持した状態で損失ピークがシフトし、反射あるいは減衰する光の波長帯のみを変化させることができる。

【0032】例えば、図5、図6(a)に示した導波路型可変グレーティングにおいて、厚さ1mmの基板2の上に、厚さ20 $\mu$ mのクラッド層3aを形成し、その内部の中央付近に断面のサイズが7 $\mu$ m $\times$ 7 $\mu$ mのコア3bを設け、グレーティングピッチ $\Lambda$ 600 $\mu$ m、ヒータ部12の幅w20 $\mu$ m、櫛型ヒータ10の長さ(グレーティング長)20mm、補助ヒータ15の幅20 $\mu$ mのものを製造したところ、損失波長帯の中心波長を0.5nmの範囲で変化させることができた。

【0033】また、本発明の第3の例として、グレーティングをチャープトグレーティングにすることもできる。チャープトグレーティングとは、コア3bの屈折率の変化量や屈折率の変化の周期(グレーティングピッチ)が、コア3bの長さ方向において徐々に変化しているものをいう。チャープトグレーティングにすることによって、反射あるいは減衰する光の波長帯の幅(損失波長幅)を広くすることができる。ヒータ部12…の周期(グレーティングピッチ) $\Lambda$ を徐々に短く、あるいは長くすることによって、チャープトグレーティングとすることもできるが、図11に示したように、ヒータ部12…を一定周期とし、補助ヒータ15のヒータ部16の形状を、コア3bの長さ方向において徐々に変化させてチャープトグレーティングとすることもできる。この例においては、ヒータ部16の幅を徐々に変化させている。すなわち、コア3bの長さ方向において、コア3bの幅方向における櫛型ヒータ10による加熱範囲を変化させている。その結果、この長さ方向におけるコア3bの加熱温度を変化させてこのコア3bに温度分布を形成し、コア3bの長さ方向において屈折率の変化量が変化し、チャープトグレーティングを実現することができる。

【0034】図12は図11に示した構成の導波路型可変グレーティングの波長と透過率の関係を示したグラフであって、このグラフに示すように、コア3bの長さに対するヒータ部16の加熱温度を変更することにより、反射あるいは減衰する光の波長幅を変化させることができる。

【0035】例えば、図11に示した導波路型可変グレーティングにおいて、厚さ1mmの基板2の上に、厚さ20 $\mu$ mのクラッド層3aを形成し、その内部の中央付近に断面のサイズが7 $\mu$ m $\times$ 7 $\mu$ mのコア3bを設け、グレーティングピッチ $\Lambda$ 600 $\mu$ m、ヒータ部12の幅w20 $\mu$ m、櫛型ヒータ10の長さ(グレーティング長)20mm、補助ヒータ15の幅が10～40 $\mu$ mに変化しているものを製造したところ、損失波長幅を20～25nmの範囲で変化させることができた。

【0036】図13は、ひとつのコア3bの長さ方向に、3つの導波路型可変グレーティングA、B、Cを形成したものである。導波路型可変グレーティングA、B、Cはいずれも一対の櫛型ヒータ10と補助ヒータ15を備えている。これらの櫛型ヒータ10…は全て同じ形状のものである。上述のように、本発明の導波路型可変グレーティングにおいては、櫛型ヒータ10と補助ヒータ15による加熱温度を変化させることにより、透過率、反射あるいは減衰する光の波長幅、反射もしくは減衰する光の波長などを任意に変化させることができる。したがって、これら導波路型可変グレーティングA、B、Cは、同じ櫛型ヒータ10と補助ヒータ15とからなるが、それぞれの加熱条件によって、異なる反射あるいは減衰特性を実現させることができる。

【0037】図14に示したグラフ中のピークA、B、Cのように、導波路型可変グレーティングA、B、Cにおいてそれぞれ異なる反射あるいは減衰特性を実現させ、これらを合成することにより、ピークRのように複雑な反射あるいは減衰特性を備えた反射あるいは減衰素子を提供することができる。

【0038】なお、石英系導波路の屈折率変化は0.1%( $1 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C} \times 100^{\circ}\text{C}$ )であり、グレーティングにおける反射あるいは減衰光の大きさの制御を行うには十分である。しかし、反射あるいは減衰光の波長帯を大きく変調するためには、コア3bを熱光学効果が大きいプラスチックから形成すると好ましい。例えば、シリコン樹脂、フッ化ポリイミドなどのポリイミド系樹脂、フッ化メタクリレートなどのメタクリル系樹脂などが用いられるが、ポリイミド系樹脂が好ましい。この場合、クラッド層3aも、好ましくはコア3bの材料として例示したものと同様のプラスチックなどから形成される。

【0039】例えば特開平9-21920号公報に開示されている、複屈折の大きさが同程度の2種類のポリイミドの共重合体などを用いる。この2種類のポリイミドの例としては、例えば2,2'-ビス(3,4-ジカルボキシフェニル)ヘキサフルオロプロパン二無水物(6FDA)と2,2'-ビス(トリフルオロメチル)-4,4'-ジアミノビフェニル(TFDB)から合成されるポリイミド(6FDA/TFDB)と、6FDAと4,4'-オキシジアニリン(4,4'-ODA)から合成されるポリイミド(6FDA/4,4'-ODA)などを挙げることができる。そして、これらのポリイミドの共重合比を変更することによって、コア3bとクラッド層3aとの屈折率差を変化させることができる。

【0040】

【発明の効果】以上説明したように本発明においては、コアを、その長さ方向において、所定の周期で加熱するヒータを設けることによってグレーティング特性を実現し、このヒータの加熱温度を変化させることによって、

グレーティング特性を変化させるため、実質的に光を導波させるコアのみを加熱するヒータを設ければよく、また、機械的に駆動する部分もないため、簡単で、かつコンパクトな構成とすることができる。また、さらに櫛型ヒータが設けられている範囲のコア全体を加熱する補助ヒータを設けたり、この補助ヒータによる加熱温度を変化させることにより、種々のグレーティング特性を実現することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の導波路型可変グレーティングの一例を示したものであって、図1(a)は斜視図、図1(b)はコアと櫛型ヒータとの関係を示した説明図、図1(c)はコアと櫛型ヒータの配置の変更例を示した説明図である。

【図2】 図1(a)、図1(b)に示した導波路型可変グレーティングを櫛型ヒータによって加熱したときの説明図であって、図2(a)は側断面図、図2(b)は屈折率の変化のグラフである。

【図3】 図1(a)、図1(c)に示した導波路型可変グレーティングを櫛型ヒータによって加熱したときの説明図であって、図3(a)は側断面図、図3(b)は屈折率の変化のグラフである。

【図4】 本発明の第1の例の導波路型可変グレーティングの波長と透過率との関係を示したグラフである。

【図5】 本発明の第2の例の導波路型可変グレーティングを示した斜視図である。

【図6】 図6(a)は図5に示した導波路型可変グレーティングのコアと櫛型ヒータとの関係を示した説明

図、図6(b)は側断面図である。

【図7】 図7(a)、図7(b)は、それぞれ、図6に示した導波路型可変グレーティングにおいて、コアと櫛型ヒータと補助ヒータの配置の変更例を示した説明図と側断面図である。

【図8】 図8(a)、図8(b)は、それぞれ、図6に示した導波路型可変グレーティングにおいて、コアと櫛型ヒータと補助ヒータの配置の変更例を示した説明図と側断面図である。

【図9】 図9(a)、図9(b)は、それぞれ、図6に示した導波路型可変グレーティングにおいて、コアと櫛型ヒータと補助ヒータの配置の変更例を示した説明図と側断面図である。

【図10】 本発明の第2の例の導波路型可変グレーティングの波長と透過率との関係を示したグラフである。

【図11】 本発明の第3の例の導波路型可変グレーティングのコアと櫛型ヒータと補助ヒータを示した説明図である。

【図12】 図11に示した構成の導波路型可変グレーティングの波長と透過率の関係を示したグラフである。

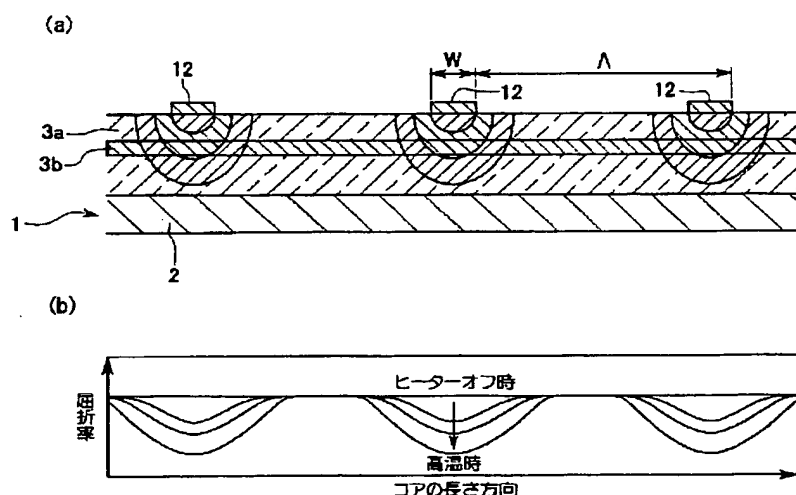
【図13】 コアの長さ方向に、3つの導波路型可変グレーティングを形成したものを示した斜視図である。

【図14】 図13に示したグレーティングの特性を示したグラフである。

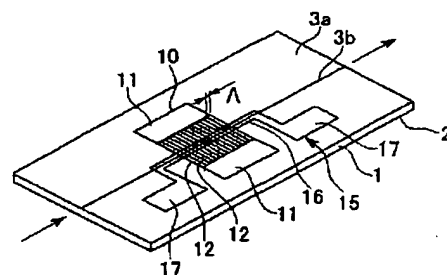
#### 【符号の説明】

1、A、B、C…導波路型可変グレーティング、3a…クラッド層、3b…コア、10…櫛型ヒータ、12…ヒータ部、15…補助ヒータ、16…ヒータ部。

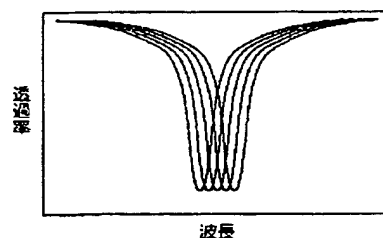
【図2】



【図5】



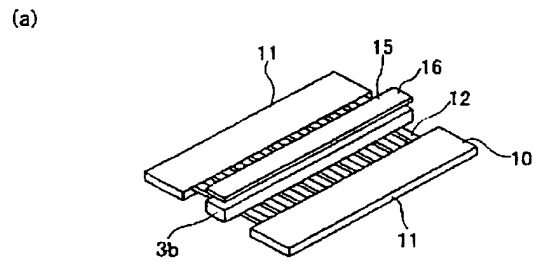
【図10】



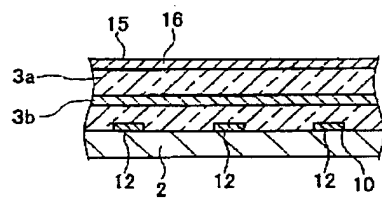




【図7】

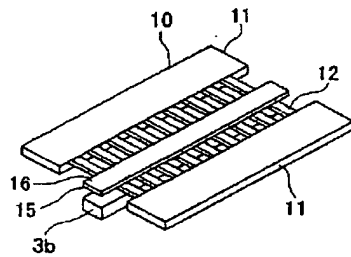


(b)

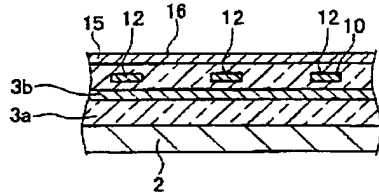


【図9】

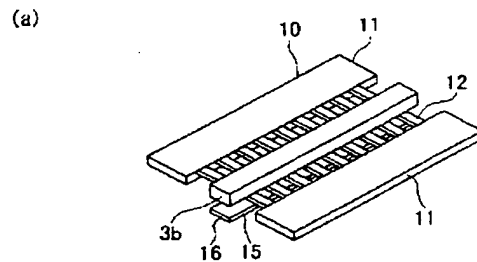
(a)



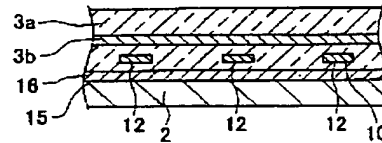
(b)



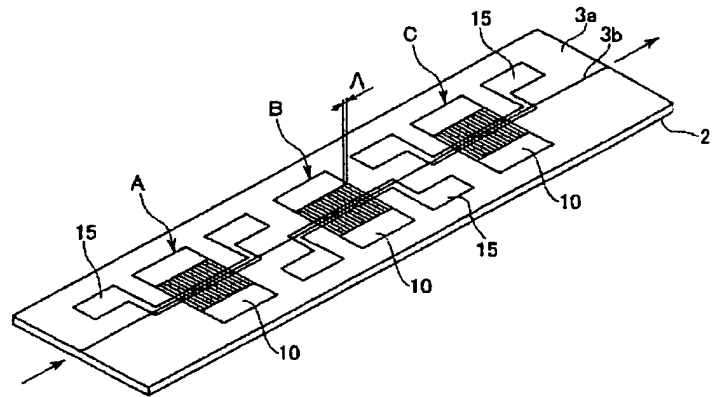
【図8】



(b)



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 細谷 英行  
千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジ  
クラ佐倉事業所内

(72)発明者 藤田 大吾  
千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジ  
クラ佐倉事業所内

Fターム(参考) 2H047 LA02 NA05 TA01  
2H079 AA06 AA12 BA01 DA17 EA03  
EB14 EB27 GA01 HA11

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

JAPANESE

[JP,2001-281483,A]

---

CLAIMS DETAILED DESCRIPTION TECHNICAL FIELD PRIOR ART EFFECT OF THE  
INVENTION TECHNICAL PROBLEM MEANS DESCRIPTION OF DRAWINGS DRAWINGS

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

## [Claim(s)]

[Claim 1] The waveguide mold adjustable grating characterized by forming the tandem-type heater which has the core which guides light, and the cladding layer prepared on the periphery of this core, and heats this core with a predetermined period in the die-length direction.

[Claim 2] The waveguide mold adjustable grating characterized by forming the space heater which heats the whole core of the range in which the tandem-type heater is formed in a waveguide mold adjustable grating according to claim 1.

[Claim 3] The waveguide mold adjustable grating characterized by whenever [ stoving temperature / of this core by the space heater ] changing in the die-length direction of a core in a waveguide mold adjustable grating according to claim 2.

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] Especially this invention simplifies an equipment configuration about a waveguide mold adjustable grating.

[0002]

[Description of the Prior Art] The component which the light of specific wavelength reflects in optical communication etc., and the component to decrease are used for various applications. For example, a gain equalizer attains flattening of gain by attenuating the light of the large wavelength of gain in order to improve the wavelength dependency of the gain of an optical amplifier etc. The oscillation wavelength of semiconductor laser is determined by carrying out incidence of the laser beam to this component, and on the other hand, reflecting the light of specific wavelength in the external resonator of semiconductor laser.

[0003] As such a gain equalizer, an optical fiber grating etc. is used, for example. An optical fiber grating meets in the die-length direction of this core in the optical fiber with which the cladding layer of a low refractive index was formed on the periphery of the core of a high refractive index which guides light, and change of a periodic refractive index is formed. An optical fiber grating is classified into a short period mold and a long period mold according to the period of change of this refractive index. A short period mold is a component which reflects the light of specific wavelength. On the other hand, the thing of specific wavelength decreases a long period mold among the light which spreads waveguide (core) by combining with the so-called clad mode which spreads a clad, and spreading the outside of waveguide. As a reflective component mainly equipped with wavelength selection nature, the short period mold is used as a wavelength multiplexing/demultiplexing element in wavelength multiplex transmission etc. The long period mold is used for the above gain equalizers as a wavelength selection attenuation component mainly. In addition, in the case of which [ of a short period mold and a long period mold ], it also sets, and the light reflected or decreased appears as a loss peak by the wavelength spectrum of the transmitted light of an optical fiber grating. That is, the operation which the light of specific wavelength loses among the transmitted lights is common.

[0004] Change of said refractive index will be formed using the operation to which the refractive index rises, if the ultraviolet radiation of specific wavelength is irradiated at the quartz glass which added germanium. That is, a core is formed from germanium addition quartz glass, if ultraviolet radiation is periodically irradiated in that die-length direction, the refractive index of this exposure part will rise and the grating section by which the part with a high refractive index and the low part have been arranged by turns will be formed. In the grating section, the property which the light of specific wavelength reflects or decreases among the light which carried out incidence to the core is acquired.

[0005] The wavelength of the light reflected or decreased can be changed by applying tension to an optical fiber grating, changing the period of refractive-index change or changing a refractive index. If the period of refractive-index change will become large if the grating section is pulled toward both ends (if tension becomes large), and tension becomes small conversely, the period of refractive-index change will become small. Moreover, since a refractive index will change if it changes temperature, it can change the wavelength of the light reflected or decreased also by heating or cooling an optical fiber grating.

[0006] On the other hand, as an external resonator of semiconductor laser, a diffraction grating besides an above-mentioned optical fiber grating, a light filter, etc. are used, for example. The wavelength of the reflected light of these components can rotate the component itself mechanically,

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

and can be chosen by changing the include angle of the laser beam which carries out incidence.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in order that an optical fiber grating may protect the grating section, it stores the grating section in the reinforcement member of two-layer structure, and where the optical fiber of the both ends of the grating section is pulled out from this reinforcement member, it is usually used. Usually, the 1st layer of a reinforcement member is formed from quartz glass, and the 2nd layer is formed from the ceramics, a metal, etc. Therefore, external force must be applied to the whole reinforcement member when changing the tension concerning the grating section. Moreover, when changing temperature and changing a refractive index, the whole reinforcement member must be heated. Therefore, since external force had to be impressed or a temperature change had to be produced also to parts other than the grating section originally needed, there was a problem that equipment became large-scale. Moreover, also in a diffraction grating, a light filter, etc., there was a problem that the equipment made to rotate these became large-scale.

[0008] This invention was made in view of said situation, is the easiest possible configuration, and let it be a technical problem to offer the component which can reflect or attenuate the light of desired wavelength. It aims concrete at offering the waveguide mold adjustable grating which can change an optical property, without making parts other than the grating section produce an operation of external force, a temperature change, etc.

[0009]

[Means for Solving the Problem] In order to solve said technical problem, the waveguide mold adjustable grating of this invention has the core which guides light, and the cladding layer prepared on the periphery of this core, and is characterized by forming the tandem-type heater which heats this core with a predetermined period in the die-length direction. Moreover, the space heater which heats the whole core of the range in which the tandem-type heater is formed can also be formed. Furthermore, for example by using the space heater from which the cross direction and parallel lay length (width of face) of a core are changing in the die-length direction of a core, whenever [stoving temperature / of a core] can be changed in said die-length direction, temperature distribution can be formed, and it can consider as char PUTOGU rating.

[0010]

[Embodiment of the Invention] It is the explanatory view in which drawing 1 showed an example of the waveguide mold adjustable grating of this invention, drawing 1 (a) showed the perspective view, and drawing 1 (b) showed the relation between a core and a tandem-type heater. In this waveguide mold adjustable grating 1, cladding layer 3a is formed on the rectangular plate-like substrate 2, and core 3b of the shape of a column of a cross-section rectangle is prepared in that interior. In order that light may guide core 3b, the refractive index of core 3b is higher than cladding layer 3a on the periphery. On the other hand, the tandem-type heater 10 is formed between a substrate 2 and cladding layer 3a. This tandem-type heater 10 consists of the power pad sections 11 and 11 which consist of a thin film of the shape of a rectangle by which opposite arrangement was carried out on both sides of core 3b, the heater section 12 of the shape of two or more straight line established so that it might be built among these power pad sections 11 and 11, and 12 --. These heater section 12 -- is arranged with the predetermined period in parallel to the die-length direction and the rectangular direction of core 3b.

[0011] The silicon substrate which oxidized the front face as a substrate 2 is used. Cladding layer 3a is formed from the silica (silicon oxide). Core 3b is the quartz system waveguide formed from the silica which added germanium, and the refractive index is low slightly as compared with cladding layer 3a. The difference of this refractive index is usually about 0.3%. The tandem-type heater 10 consists of a metal thin film, for example, titanium, gold, aluminum, etc. are used.

[0012] This waveguide mold adjustable grating 1 is the following, and can be made and manufactured. On a substrate 2, the conductor thin film which consists of titanium, gold, aluminum, etc. with vacuum deposition etc. is formed. And this conductor thin film is processed, a pattern is formed, and the tandem-type heater 10 is completed. As for this processing approach, photolithography etc. is used when a period is the long period mold of heater section 12 -- which a long period, i.e., light, decreases comparatively. When it is the short period mold which a short period, i.e., light, reflects comparatively, it can form by the phase mask method, the interference exposing method, etc.

[0013] And on the tandem-type heater 10 and the substrate 2 exposed to the perimeter, the lower cladding layer equivalent to the thickness of cladding layer 3a under core 3b is formed with a spin coat method etc., and the core layer which is equivalent to the thickness of core 3b on the whole top

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

face is formed. And while processing this core layer by the ion etching method etc. along with the pattern of core 3b and for core 3b, a lower cladding layer is exposed to the perimeter of core 3b. And further, with a spin coat method etc., an up cladding layer is formed on these lower cladding layer and core 3b, and cladding layer 3a which the lower cladding layer and the up cladding layer unified is completed.

[0014] When the tandem-type heater 10 is operated in this waveguide mold adjustable grating 1, the refractive indexes of core 3b of the heater section 12 and 12 -- which temperature rises and is located in the bottom of it are the heater sections 12 and 12 by the thermo-optic effect so that the graph of change of the sectional side elevation shown in drawing 2 (a) and the refractive index shown in drawing 2 (b) may show. -- Corresponding to a period, it changes periodically and a grating property is acquired. And since the refractive-index variation of core 3b can be changed by whenever [stoving temperature / of the tandem-type heater 10], the wavelength of the light (short period mold) reflected in this grating or the light (long period mold) to decrease can be changed. The period  $\lambda_B$  of change of the refractive index in this core 3b is called grating pitch. In addition, in the case of a short period mold, a grating pitch is usually 0.5 micrometers or less, and it is the wavelength order of light. In this case, only the light of specific wavelength (Bragg wavelength) is reflected by the Bragg diffraction. The light of Bragg wavelength  $\lambda_B$  is expressed by the following formulas (1) by the effective refractive index  $n_{eff}$  of propagating mode, and the grating pitch  $\lambda_B$ .

[0015]

[Equation 1]

$$\lambda_B = 2 \cdot n_{eff} \cdot \Lambda \quad \dots (1)$$

[0016] Moreover, the reflection factor RB at this time (intensity ratio of the transmitted light and the reflected light) is so expressed in the die-length direction of core 3b of the grating length L 10, i.e., a tandem-type heater, by variation  $\Delta n$  of the refractive index in die-length L and core 3b like the following formulas (2).

[0017]

[Equation 2]

$$R_B = \tanh^2(\pi L \cdot \Delta n \cdot n / \lambda_B) \quad \dots (2)$$

[0018] On the other hand, in the case of a long period, a grating pitch is usually as long as hundreds of micrometers. And the operation as a wavelength filter which attenuates only the light of the wavelength range which fulfills a connection condition with the clad mode which spreads cladding layer 3a among the light which spreads core 3b is done so. If wavelength which fulfills the conditions from which joint effectiveness with clad mode becomes max is set to  $\lambda_{dp}$ , it is the effective refractive index  $n_{core}$  of the propagation light of core 3b. The following formulas (3) consist of the effective refractive index  $n_{clad}$  in clad mode about the grating pitch  $\lambda_B$ .

[0019]

[Equation 3]

$$\lambda_{dp} = \Lambda (n_{core} - n_{clad}) \quad \dots (3)$$

[0020] In addition,  $n_{core}$  and  $n_{clad}$  are expressed with the following formulas (4) and a formula (5), respectively.

[0021]

[Equation 4]

$$n_{core} = \beta_{core} / (2\pi / \lambda_{dp}) \quad \dots (4)$$

[Equation 5]

$$n_{clad} = \beta_{clad} / (2\pi / \lambda_{dp}) \quad \dots (5)$$

[0022] Moreover,  $\lambda_{dp}$  The permeability (luminous-intensity ratio to incident light reinforcement which carries out outgoing radiation)  $T_p$  which can be set is expressed with the following formulas (6).

[0023]

[Equation 6]

$$T_D = 1 - \left[ \sin^2 \left[ k_G L \left\{ 1 + \left( \delta / k_G \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \right] \right] / \left[ 1 + \left( \delta / k_G \right)^2 \right] \quad \dots (6)$$

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Here,  $kG$  is a coupling coefficient and is an amount proportional to the magnitude of the refractive-index modulation of core 3b.  $\delta$  in a formula (6) is expressed with the following formulas (7).

[Equation 7]

$$\delta = (1/2) (\beta_{\text{core}} - \beta_{\text{clad}} - 2\pi \Lambda) \quad \dots (7)$$

[0024] Therefore, in the case of a short period mold, it is desirable when a grating pitch and grating length are determined that the desired Bragg wavelength and a desired reflection factor are obtained from the relation between a formula (1) and a formula (2). Moreover, in the case of a long period mold, it is desirable when a grating pitch and grating length are determined that the desired wavelength and the transmission of attenuation light are obtained from the relation between a formula (3) and a formula (6). Moreover, when width of face  $w$  of the heater section 12 is made below into one half of the grating pitch  $\lambda$ , it is desirable. Moreover, the width of face (lay length which intersects perpendicularly in the die-length direction of core 3b) of the tandem-type heater 10 is the heater section 12 of the tandem-type heater 10. -- It is desirable when it is made into twice [ more than ] the width of face of core 3b in consideration of heat conduction.

[0025] Moreover, as shown in drawing 1 (c), the tandem-type heater 10 can be formed on cladding layer 3a, and it can also arrange above core 3b. In this case, like an above-mentioned approach, after forming cladding layer 3a and core 3b on a substrate 2, the tandem-type heater 10 can be formed and manufactured on cladding layer 3a. And as shown in drawing 3 (a) and drawing 3 (b), when the tandem-type heater 10 is operated, the refractive indexes of core 3b of the heater section 12 and 12 -- which temperature rises and is located on it are the heater sections 12 and 12 by the thermo-optic effect. -- Corresponding to a period, it changes periodically and a grating property is acquired. And the refractive-index variation of core 3b can be changed by whenever [ stoving temperature / of the tandem-type heater 10 ], and the wavelength of the light reflected in this grating or the light to decrease can be changed.

[0026] Drawing 4 is what showed the wavelength spectrum (relation between wavelength and permeability) of the transmitted light of a waveguide mold adjustable grating shown in drawing 1 (a), drawing 1 (b), or drawing 1 (c), and it shows signs that the loss peak becomes large as it makes whenever [ stoving temperature ] high. Thus, permeability changes with whenever [ stoving temperature ] and the wavelength bandwidth (wavelength width of face of a peak) of the light reflected in this and coincidence or the light to decrease is also changing.

[0027] For example, it sets to the waveguide mold adjustable grating shown in drawing 1 (a) and drawing 1 (b). On the substrate 2 with a thickness of 1mm, with a thickness of 20 micrometers cladding layer 3a is formed. Core 3b whose size of a cross section is 7micrometerx7micrometer is prepared near the center of the interior. When the thing with grating pitch  $\lambda$  600micrometer, a width-of-face  $w$  20micrometer [ of the heater section 12 ], and a die length [ of the tandem-type heater 10 ] (grating length) of 20mm was manufactured, the magnitude of the loss peak by the reflected light was able to be changed in 0 to 2dB.

[0028] Drawing 5 is the perspective view having shown the waveguide mold adjustable grating of the 2nd example of invention. In this waveguide mold adjustable grating, the tandem-type heater 10 is formed on cladding layer 3a, and as shown in drawing 6 (a) and drawing 6 (b), the thin film-like space heater 15 is formed between a substrate 2 and cladding layer 3a. A space heater 15 consists of the same ingredient as the tandem-type heater 10, and can be formed like the tandem-type heater 10.

[0029] This space heater 15 consists of the heater section 16 of the shape of a straight line established in parallel with the bottom of core 3b, and the electrode pad sections 17 and 17 of the shape of a rectangle prepared in those both ends. Die length parallel to the die-length direction of core 3b of the heater section 16 is designed by size longer than the tandem-type heater 10. Therefore, the temperature of core 3b of the range in which the tandem-type heater 10 is formed can be uniformly raised with this space heater 15. Therefore, if the width of face of a space heater 15 is the width of face of core 3b, and more than comparable, there will be especially no limit.

[0030] In this example, as shown in drawing 7 (a) and drawing 7 (b), the arrangement location of the tandem-type heater 10 and a space heater 15 can be made reverse, the tandem-type heater 10 can be arranged between the substrate 2 of the lower part of core 3b, and cladding layer 3a, and a space heater 15 can also be arranged between upper cladding layer 3a of core 3b, and a substrate 2. Moreover, as shown in drawing 8 (a) and drawing 8 (b), a space heater 15 can be arranged between a substrate 2 and cladding layer 3a, and the tandem-type heater 10 can also be arranged in cladding layer 3a of the lower part of core 3b. As furthermore shown in drawing 9 (a) and drawing 9 (b), a

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



space heater 15 can be arranged on cladding layer 3a, and the tandem-type heater 10 can also be arranged in cladding layer 3a above core 3b.

[0031] And if whenever [ at the tandem-type heater 10 / stoving temperature ] is changed where a space heater 15 is operated, as shown in drawing 10, where permeability and the wavelength width of face of the light reflected or decreased are maintained uniformly, a loss peak can shift, and only the wavelength range of the light reflected or decreased can be changed.

[0032] For example, it sets to the waveguide mold adjustable grating shown in drawing 5 and drawing 6 (a). On the substrate 2 with a thickness of 1mm, with a thickness of 20 micrometers cladding layer 3a is formed. Core 3b whose size of a cross section is 7micrometerx7micrometer is prepared near the center of the interior. When the thing with grating pitch  $\lambda 600$ micrometer, width-of-face w20micrometer of the heater section 12, a die length [ of the tandem-type heater 10 / of 20mm ] (grating length), and a width of face [ of a space heater 15 ] of 20 micrometers was manufactured, the main wavelength of a loss wavelength range was able to be changed in 0.5nm.

[0033] Moreover, a grating can also be made into char PUTOGU rating as the 3rd example of this invention. Char PUTOGU rating means that from which the variation of the refractive index of core 3b and the period (grating pitch) of change of a refractive index are changing gradually in the die-length direction of core 3b. By making it char PUTOGU rating, width of face (loss wavelength width of face) of the wavelength range of the light reflected or decreased can be made large. Although it can also consider as char PUTOGU rating by [ of heater section 12 -- ] making a period (grating pitch)  $\lambda$  short or long gradually, as shown in drawing 11, heater section 12 -- is made into a fixed period, and the configuration of the heater section 16 of a space heater 15 can be gradually changed in the die-length direction of core 3b, and can also be made into char PUTOGU rating. In this example, the width of face of the heater section 16 is changed gradually. That is, in the die-length direction of core 3b, the heating range at the tandem-type heater 10 in the cross direction of core 3b is changed. Consequently, whenever [ stoving temperature / of core 3b in this die-length direction ] is changed, temperature distribution can be formed in this core 3b, the variation of a refractive index can change in the die-length direction of core 3b, and char PUTOGU rating can be realized.

[0034] Drawing 12 can change the wavelength width of face of the light reflected or decreased by changing whenever [ stoving temperature / of the heater section 16 to the die length of core 3b ], as it is the graph which showed the wavelength of the waveguide mold adjustable grating of a configuration of having been shown in drawing 11, and the relation of permeability and is shown in this graph.

[0035] In the waveguide mold adjustable grating shown in drawing 11 for example, on the substrate 2 with a thickness of 1mm Form with a thickness of 20 micrometers cladding layer 3a, and core 3b whose size of a cross section is 7micrometerx7micrometer is prepared near the center of the interior. When grating pitch  $\lambda 600$ micrometer, width-of-face w20micrometer of the heater section 12, die length of 20mm of the tandem-type heater 10 (grating length), and the width of face of a space heater 15 manufactured what is changing to 10-40 micrometers, loss wavelength width of face was able to be changed in 20-25nm.

[0036] Drawing 13 forms three waveguide mold adjustable gratings A, B, and C in the one die-length direction of core 3b. The waveguide mold adjustable gratings A, B, and C are all equipped with the tandem-type heater 10 and space heater 15 of a pair. All of these tandem-type heater 10 -- are the things of the same configuration. As mentioned above, in the waveguide mold adjustable grating of this invention, permeability, the wavelength width of face of the light reflected or decreased, the wavelength of the light reflected or decreased, etc. can be changed to arbitration by changing whenever [ by the tandem-type heater 10 and the space heater 15 / stoving temperature ]. Therefore, although the these waveguide mold adjustable gratings A, B, and C consist of the same tandem-type heater 10 and the same space heater 15, they can realize different reflection or a different damping property according to each heating condition.

[0037] the peaks A, B, and C in the graph shown in drawing 14 -- like -- the waveguide mold adjustable gratings A, B, and C -- setting -- it -- \*\*\*\*\* -- reflective \*\*\*\*\* equipped with complicated reflection or a complicated damping property like Peak R can offer an attenuation component by realizing reflection or a damping property and compounding these.

[0038] In addition, refractive-index change of quartz system waveguide is 0.1% ( $1 \times 10^{-5}$ /degree-Cx100 degree C), and is enough to control magnitude of the reflection in a grating, or attenuation light. However, in order to modulate the wavelength range of reflection or attenuation light greatly, it is desirable when a thermooptic effect forms core 3b from large plastics. For example, although

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

methacrylic system resin, such as polyimide system resin, such as silicone resin, polyimide, etc. fluoride, and fluoride methacrylate, etc. is used, polyimide system resin is desirable. In this case, cladding layer 3a is also formed from the same plastics as what was preferably illustrated as an ingredient of core 3b etc.

[0039] For example, the copolymer of the polyimide whose magnitude of a birefringence is two comparable kinds currently indicated by JP,9-21920,A is used. As an example of two kinds of this polyimide For example, 2 and 2-screw (3, 4-dicarboxy phenyl) hexafluoropropane 2 anhydride (6FDB), and 2, the 2'-screw (trifluoromethyl) -4 and polyimide compounded from a 4'-diamino biphenyl (TFDB) (6 FDA/TFDB), The polyimide (6FDA/4, 4'-ODA) compounded from 6FDA and 4 and 4'-oxy-dianiline (4 and 4'-ODA) can be mentioned. And the refractive-index difference of core 3b and cladding layer 3a can be changed by changing the copolymerization ratio of these polyimide.

[0040]

[Effect of the Invention] As explained above, in this invention, a core is set in the die-length direction. In order to change a grating property by realizing a grating property and changing whenever [ stoving temperature / of this heater ] by forming the heater heated with a predetermined period, Since there is also no part driven mechanically that what is necessary is just to form the heater which heats only the core to which the guided wave of the light is carried out substantially, it can consider as a compact configuration easily. Furthermore, various grating properties are realizable by forming the space heater which heats the whole core of the range in which the tandem-type heater is formed, or changing whenever [ by this space heater / stoving temperature ].

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

## [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The explanatory view in which an example of the waveguide mold adjustable grating of this invention was shown, drawing 1 (a) showed the perspective view, and drawing 1 (b) showed the relation between a core and a tandem-type heater, and drawing 1 (c) are the explanatory views having shown the example of modification of arrangement of a core and a tandem-type heater.

[Drawing 2] It is an explanatory view when heating the waveguide mold adjustable grating shown in drawing 1 (a) and drawing 1 (b) at a tandem-type heater, and drawing 2 (a) is a sectional side elevation, and drawing 2 (b) is the graph of change of a refractive index.

[Drawing 3] It is an explanatory view when heating the waveguide mold adjustable grating shown in drawing 1 (a) and drawing 1 (c) at a tandem-type heater, and drawing 3 (a) is a sectional side elevation, and drawing 3 (b) is the graph of change of a refractive index.

[Drawing 4] It is the graph which showed the relation between the wavelength of the waveguide mold adjustable grating of the 1st example of this invention, and permeability.

[Drawing 5] It is the perspective view having shown the waveguide mold adjustable grating of the 2nd example of this invention.

[Drawing 6] The explanatory view and drawing 6 (b) which showed the relation of the core of a waveguide mold adjustable grating and tandem-type heater which showed drawing 6 (a) to drawing 5 are a sectional side elevation.

[Drawing 7] Drawing 7 (a) and drawing 7 (b) are the explanatory views and sectional side elevations having shown the example of modification of arrangement of a core, a tandem-type heater, and a space heater in the waveguide mold adjustable grating shown in drawing 6, respectively.

[Drawing 8] Drawing 8 (a) and drawing 8 (b) are the explanatory views and sectional side elevations having shown the example of modification of arrangement of a core, a tandem-type heater, and a space heater in the waveguide mold adjustable grating shown in drawing 6, respectively.

[Drawing 9] Drawing 9 (a) and drawing 9 (b) are the explanatory views and sectional side elevations having shown the example of modification of arrangement of a core, a tandem-type heater, and a space heater in the waveguide mold adjustable grating shown in drawing 6, respectively.

[Drawing 10] It is the graph which showed the relation between the wavelength of the waveguide mold adjustable grating of the 2nd example of this invention, and permeability.

[Drawing 11] It is the explanatory view having shown the 3rd core, tandem-type heater, and space heater of a waveguide mold adjustable grating of this invention. [ of an example ]

[Drawing 12] It is the graph which showed the wavelength of the waveguide mold adjustable grating of a configuration of having been shown in drawing 11, and the relation of permeability.

[Drawing 13] It is the perspective view having shown what formed three waveguide mold adjustable gratings in the die-length direction of a core.

[Drawing 14] It is the graph which showed the property of a grating shown in drawing 13.

## [Description of Notations]

1 A, B, C [ -- A tandem-type heater, 12 / -- The heater section, 15 / -- A space heater 16 / -- Heater section. ] -- A waveguide mold adjustable grating, 3a -- A cladding layer, 3b -- A core, 10

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

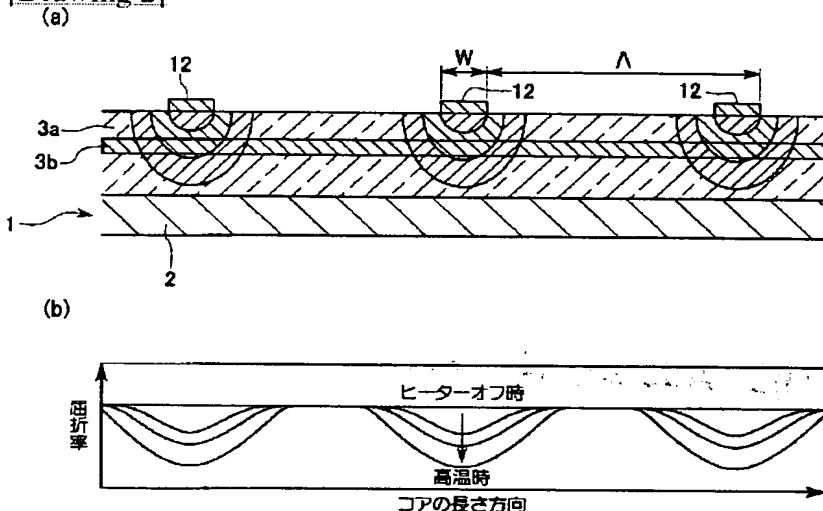
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

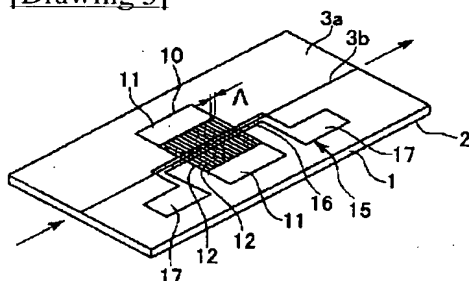
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

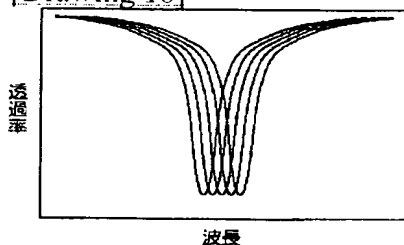
[Drawing 2]



[Drawing 5]



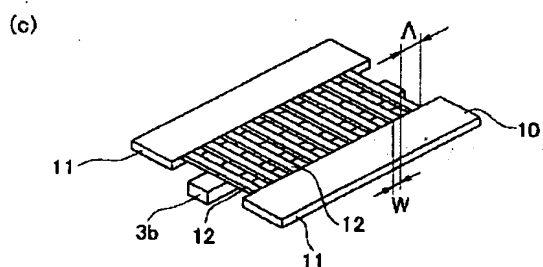
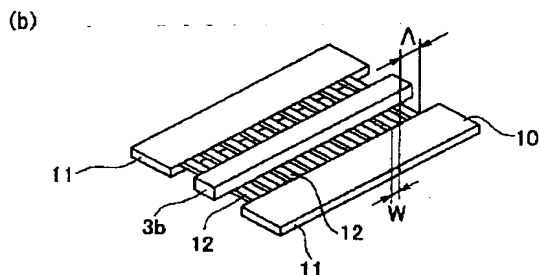
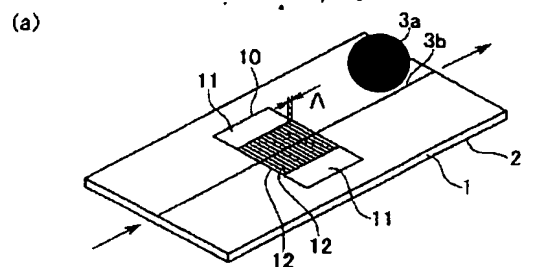
[Drawing 10]



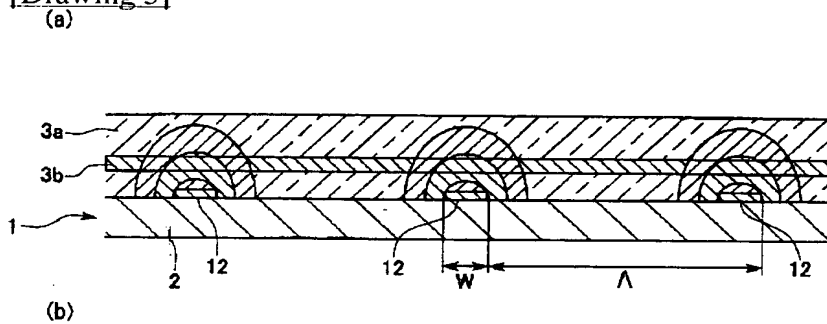
[Drawing 1]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

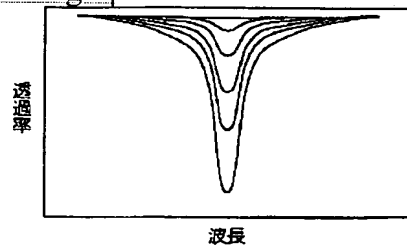




[Drawing 3]



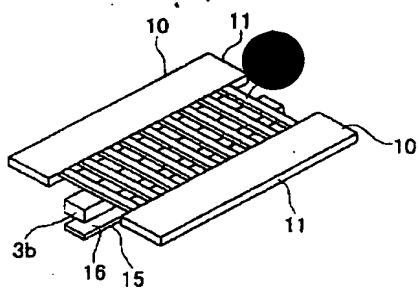
[Drawing 4]



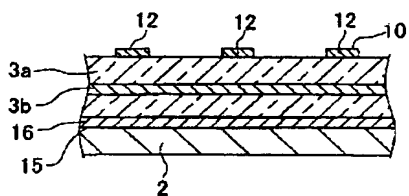
[Drawing 6]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

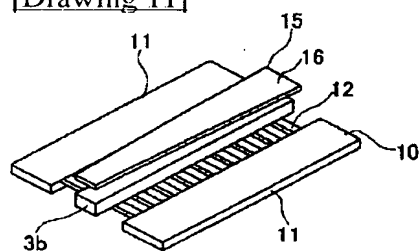
(a)



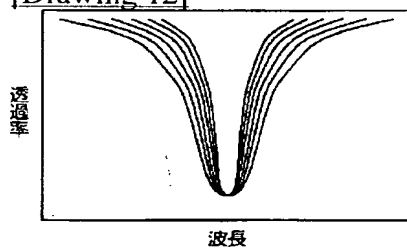
(b)



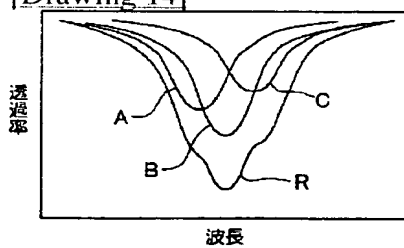
[Drawing 11]



[Drawing 12]



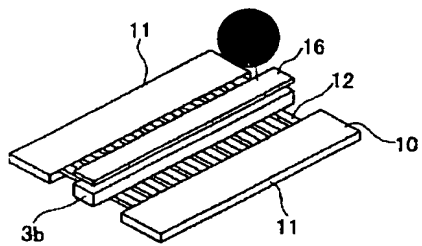
[Drawing 14]



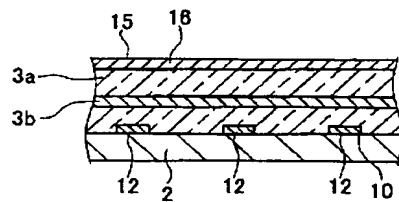
[Drawing 7]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(a)

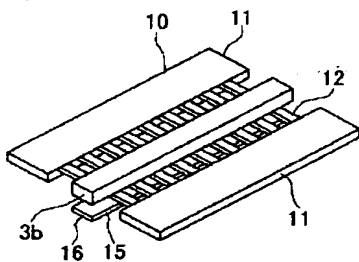


(b)

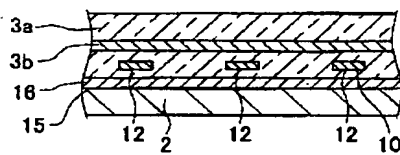


[Drawing 8]

(a)



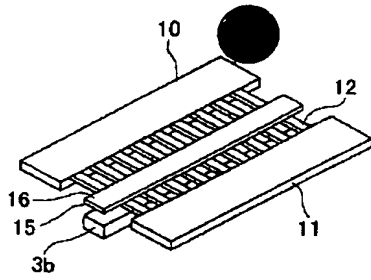
(b)



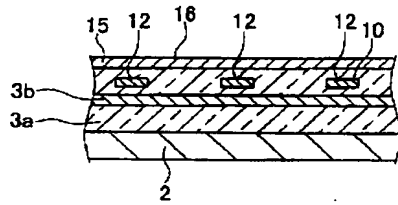
[Drawing 9]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

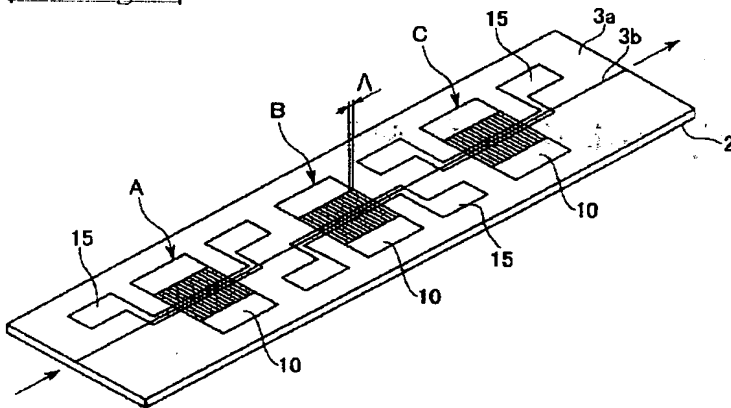
(a)



(b)



[Drawing 13]



[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**